

ПЕРСПЕКТИВИ ГЛИБОКОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ ТЕРМООБРОБКИ СТАЛЬНИХ ВИРОБІВ

Ошовський Віктор Якович

к.т.н, доцент

Первомайська філія

Національного університету

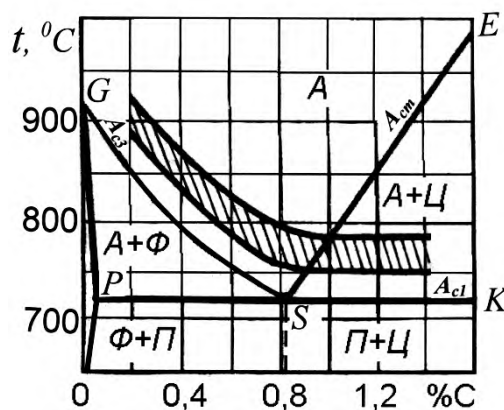
кораблебудування імені

адмірала Макарова

м. Первомайськ, Україна

Вступ./Introduction. В машинобудуванні широко використовують вуглецеві і леговані сталі які містять більше 0,5%С. З таких сталей виготовляють деталі, які повинні мати добрі пружні властивості, високі міцність, зносостійкість, тривалість збереження геометричних і механічних характеристик.

Для отримання цих властивостей сталі вироби підлягають гартуванню та відпусканню. При гартуванні доєвтектоїдну сталь нагрівають вище температури A_{C3} , а заєвтектоїдну вище A_{C1} (рис. 1). Структурні складові ферит (Ф, твердість $\approx 60\text{НВ}$) і перліт (П, $\approx 200\text{НВ}$) при нагріванні перетворюються в аустеніт (А - твердий розчин вуглецю в $\gamma\text{-Fe}$).



**Рис. 1. Інтервал температур нагрівання вуглецевих сталей для
гартування, за діаграмою Fe-Fe₃C (заштрихований)**

Охолоджують сталі вироби при гартуванні зі швидкістю вище критичної швидкості гартування, звичайно у воді, в маслі за певними режимами, залежно від складу сталі та розмірів виробів – до температури навколишнього середовища. Мета охолодження – перетворення аустеніту в мартенсит – пересичений твердий розчин вуглецю в α -Fe. Мартенсит ($\approx 700\text{HB}$) надає сталі міцність, твердість, пружність. Мартенсит гартування має голчасту будову, що зумовлює значне пониження ударної в'язкості сталі. Тому сталі вироби після гартування відпускають (підігрівають) для перетворення голчастого мартенситу в стабільну зернисту будову. Температуру відпускання вибирають відповідно до необхідних механічних властивостей – твердості, міцності, пружності, в'язкості.

Протягом часу структурні складові отримані з мартенситу після відпускання – мартенсит зернистий, тростит або сорбіт відпускання забезпечують стабільність деталей за геометричними і механічними характеристиками.

Але в сталях, які містять більше 0,5%С перетворення аустеніту в мартенсит при звичайних умовах охолодження до температури навколишнього середовища має такий недолік. Критична точка M_k кінця (завершення) мартенситного перетворення при охолодженні значно знижується при збільшенні кількості вуглецю (рис. 2). Так, при збільшенні кількості вуглецю від 0,5% до 0,8% температура M_k знижується приблизно від $+50^\circ\text{C}$ до температури глибокого холода -80°C , що не дає можливості завершити мартенситне перетворення [1, 2].

В результаті після гартування в сталі залишається значна частка неперетвореного в мартенсит аустеніту, кількість якого залежить від складу сталі і може досягати до 30...50%. Лишковий аустеніт є нестабільною структурною складовою, яка протягом часу може самовільно перетворюватися в більш стабільні структурні складові. В результаті у готових деталях та інструментах, які знаходяться в експлуатації будуть змінюватися геометричні та механічні характеристики (розміри, розташування і шорсткість поверхонь,

твердість, пружність та ін). Незавершене перетворення також знижує зносостійкість деталей та інструменту [1, 2].

На практиці зменшують кількість лишкового аустеніту в різучому інструменті з швидкоріжучих сталей трикратним відпусканням при температурі $+550^{\circ}\text{C}$, але цей процес тривалий, а висока температура зменшує зносостійкість інструменту. Вимірювальний інструмент для стабілізації розмірів підлягає тривалому відпусканню протягом близько 50 годин, що також неекономічно.

Для отримання вищої зносостійкості і стабільності розмірів сталевих виробів необхідно завершити мартенситне перетворення після гартування, тобто доохолодити вироби до кінця мартенситного перетворення M_K (рис. 2). Особливо це необхідно для точних деталей, вимірювального інструменту та для підвищення геометричних і ріжучих властивостей металообробного інструменту.

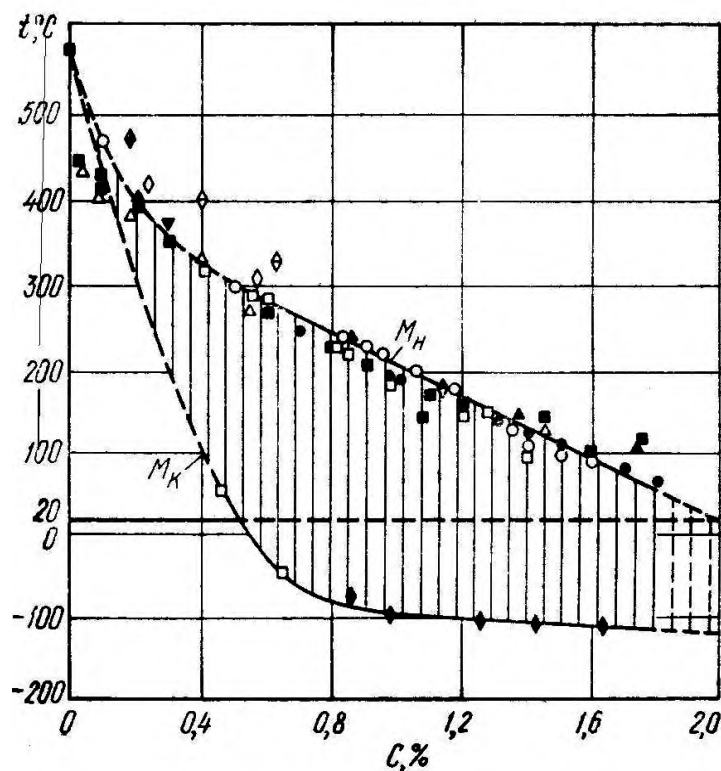


Рис. 2. Температури початку M_n і кінця M_K мартенситного перетворення вуглецевої сталі залежно від вмісту вуглецю [1]

Пошук енергозберігаючих методів завершення перетворення лишкового аустеніту в мартенсит є важливим завданням технологічних процесів виготовлення точних деталей та ріжучого інструменту з сталей, які містять більше 0,5% С.

Мета роботи./Aim. Аналіз перспективних енергозберігаючих методів глибокого охолодження для завершення мартенситного перетворення в загартованих сталях з метою стабільності геометричних і механічних характеристик деталей та підвищення зносостійкості ріжучого інструменту і деталей.

Матеріали і методи./Materials and methods. Виконати доохолодження сталейних виробів після гартування залежно від температури кінця мартенситного перетворення, яка визначається вмістом вуглецю та легуючих елементів, можливо використанням холодильних машин помірного охолодження та глибокого охолодження.

Одним із методів отримання глибокого охолодження є використання холодильних машин зі ступінчастою регенерацією (рекуперацією) тепла, які дозволять залежно від числа включених ступенів задавати необхідну низьку температуру. Такі машини можуть бути ресорбційні та газові [3, 4].

Робочим тілом ресорбційних машин є розчин агента в абсорбенті. Наприклад для помірного охолодження може служити розчин аміака в воді, для нижчих температур – розчин вуглекислоти в спирті, суміші вуглеводнів та інші, які можуть випарюватися при змінних температурах та мати задану найнижчу температуру випарювання міцного насиченого розчину при низькому тиску.

В газових машинах можуть використовуватися різні гази або їх суміші, серед яких найбільш доцільним є повітря.

Але слід відзначити, що ресорбційні машини можуть використовувати для стиску пари компресори не тільки механічні, які використовують електричну енергію, а й термічні, які використовують теплову енергію. Тому, можна розробити машини періодичної дії з накопиченням міцного розчину при дії машини від теплової енергії охолодження гарячих деталей в процесі

гартування, а накопичений міцний розчин потім використовувати для доохолодження загартованих деталей до низьких температур.

На рис. 3 приведений один з варіантів спрощеної схеми ресорбційної холодильної машини з турбокомпресором ТК та з двома ступенями (РД1 і РД2) регенерації тепла, а таким чином донасищення водоаміачного розчину аміаком [5]. В дегазаторі Д випаровується міцний розчин при поступовому відведенні тепла від віщої (в правому кінці) до найнижчої (в лівому кінці) температури. Пара стиснута турбокомпресором ТК, а слабкий розчин насосом Н направляються в ресорбер Р, в якому теплота ресорбції відводиться охолоджуючою водою, для часткового насиченні розчину аміачною парою. Далі розчин донасихується парою в ресорберах-дегазаторах РД1 і РД2 (від стану 3 до стану 5 і далі 7). Теплота ресорбції в РД1 та РД2 відводиться при випаровуванні розчинів відповідно після дроселювання крепших розчинів в РВ1 та РВ2.

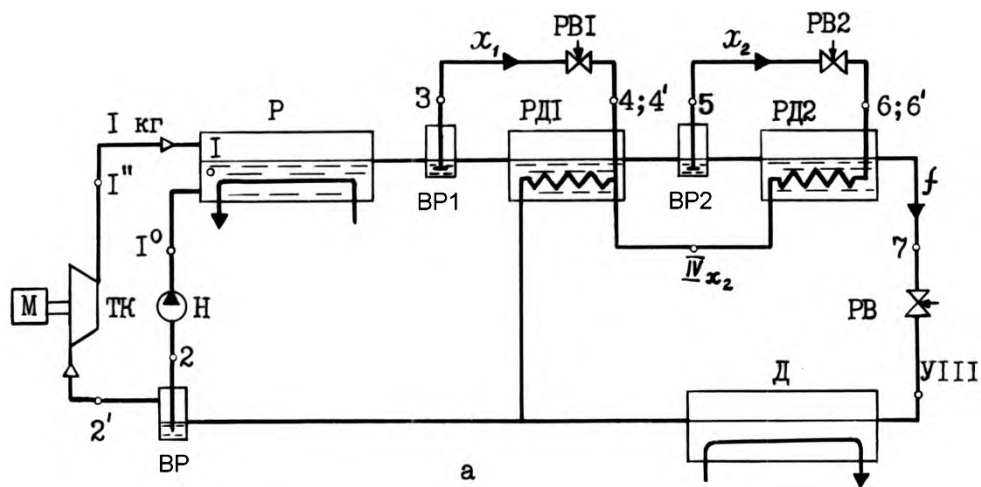


Рис. 3. Спрощена схема двоступеневої ресорбційної машини

Ресорбційні машини можуть працювати при малій ступені стискання пари в компресорі. Для використання теплоти, що відводиться при гартуванні деталей, турбокомпресор може бути замінений на термічний, як у водоаміачних абсорбційних холодильних машинах, що сприятиме енергозбереженню [6, 7]. Найнижча температура охолодження в ресорбційних холодильних машинах залежить від вибраних агента і абсорбента.

На рис. 4 приведена схема регенеративної повітряної холодильної машини [4]. З детандера ДТ холодне повітря направляється в камеру К для охолодження деталей. З камери, ще холодне повітря (з температурою T_1) направляється в теплообмінник $ТО$ і охолоджує протитоком повітря, що подається в детандер з температурою навколишнього середовища. Далі повітря стискується турбокомпресором $КМ$ і подається в охолоджувач $Ох$. В такому циклі за рахунок регенерації тепла в теплообміннику можна отримати в камері задану температуру глибокого охолодження при малому відношенні тисків. Перевага такої машини в простоті конструкції та використанні безпечного робочого тіла - повітря.

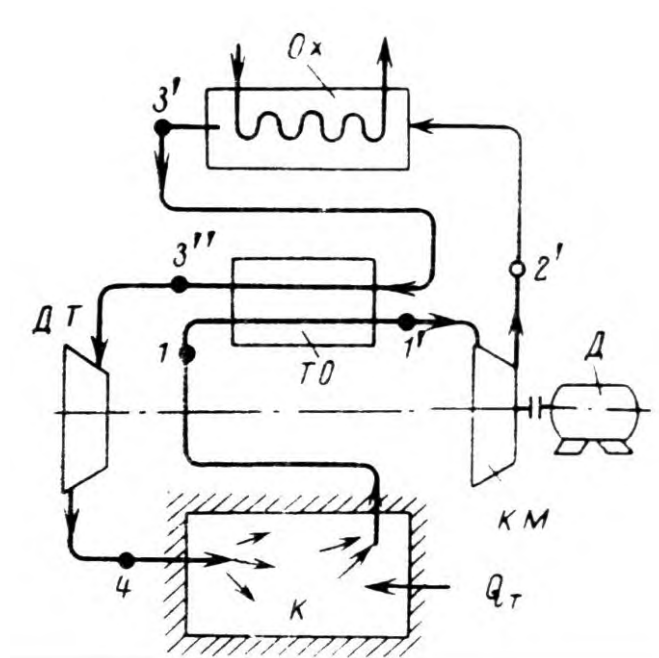


Рис. 4. Схема регенеративної повітряної холодильної машини

При можливості для доохолодження деталей використовують привозні рідкий азот в теплоізованих ємностях з атмосферним тиском або рідку вуглекислоту в балонах при високому тиску.

Результати і обговорення./Results and discussion. Вимірювальний інструмент, калібр-пробки, калібр-скоби, ріжучі інструменти з швидкоріжучих сталей, точні деталі паливної апаратури дизельних двигунів та інші сталі необхідно після звичайного гартування обробляти глибоким охолодженням. Це значно збільшить якість деталей та інструменту.

Дослідження А.П. Гуляєва, П.П. Петросяна, Е.С. Жмудя та інших авторів показали, що в ріжучих інструментах, як з інструментальних сталей, так і навіть з твердих сплавів можна досягти збільшення стійкості в 1,5...3 рази [2, 8]. Обробка глибоким холодом інструментальної сталі зменшує також коефіцієнт тертя, сили різання та шорсткість обробленої поверхні.

Висновки./Conclusions. Таким чином впровадження ресорбційних та повітряних машин для глибокого охолодження деталей і інструменту після гартування є перспективним для стабільності їх розмірів протягом експлуатації та підвищення механічних властивостей. Використання теплоти відведеної від деталей при гартуванні для роботи ресорбційних машин буде сприяти проблемі енергозбереження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гуляев А.П. Металловедение. – М.:Металлургия, 1978. – 148 с.
2. Кліменко А.П. Холод в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1969. – 248 с.
3. Ошовський В.Я. Цикли ресорбційних холодильних машин: монографія. – Миколаїв: НУК, 2009. 128 с.
4. Вайнштейн В.Д., Канторович В.Н. Низкотемпературные холодильные установки. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 352 с.
5. А.с. СССР №1432317, кл. F25 В 15/12. Холодильная установка / Одесский технолог. ин-т холод. пром-ти; В.Я.Ошовский, А.Г.Дергачёв. - Заявл. 26.02.86; Опубл. 23.10.88, Бюл. № 39. – 2 с.
6. А.с. СССР №1092336, кл. F25В 15/12. Абсорбционно-резорбционная холодильная установка / Одесский технолог. ин-т холод. пром-ти; В.Я.Ошовский, А.Г.Дергачёв, Н.Г.Шмуйлов. - Заявл. 11.10.82; Опубл. 15.05.84, Бюл. № 18. – 6 с.
7. Бадылькес И.С., Данилов Р.Л. Абсорбционные холодильные машины. - М.: Пищевая промышленность, 1966.- 356 с.
8. Криогенная обработка (обработка глубоким холодом) Електронний ресурс: <https://pellai.com/tehnicheskie-discipliny/materialovedenie/kriogennaya-obrabotka/>